

УДК 621.396.001

## АНАЛІЗ ВПЛИВУ ТЕПЛОФІЗИЧНИХ ПРОЦЕСІВ В ЕЛЕКТРОДИНАМІЧНИХ ГУЧНОМОВЦЯХ НА ЇХ ЯКІСНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ

© Чеховський С. А., Піндус Н. М., 2000

Івано-Франківський державний технічний університет нафти і газу

*Проаналізовано теплофізичні процеси в електродинамічних випромінювачах звуку на базі проведених експериментальних досліджень, встановлено взаємозв'язок між цими процесами та якісними параметрами випромінювачів, розроблені рекомендації щодо зменшення величини температурного поля гучномовця, що дає змогу суттєво розширити діапазон його робочих частот з одночасним покращенням амплітудно-частотної характеристики.*

За останні роки в техніці звукозаписуючої і звуковідтворюючої апаратури відбулися суттєві зміни: поряд із значним збільшенням об'ємів випуску і числа моделей пріоритетне застосування отримало покоління апаратури, яка використовує цифрові методи обробки сигналів, що дозволяє значно покращити об'єктивні характеристики і якість звучання трактів звукопередачі. Відповідно, надзвичайно зросли вимоги до якості звучання і параметрів звуковідтворюючої апаратури, де основною ланкою, яка в значній мірі визначає її характеристики, є гучномовці (ГМ) електродинамічного та ізодинамічного типів. Тому доцільним є створення автоматизованої системи контролю якості ГМ.

Серійне виробництво електродинамічних гучномовців розвивається понад 70 років і на сьогоднішній час обсяги їх випуску сягають сотень мільйонів штук на рік, а число моделей, що випускається, становить декілька тисяч, які відрізняється великим діапазоном зміни конструктивних і електроакустичних параметрів, наприклад, розмір діаметрів від 40 до 500 мм, потужностей від 0,1 до 500 Вт.

Дослідження фізичних процесів, які відбуваються в усіх елементах ГМ, а також розробка методів їх математичного аналізу є доволі актуальними, оскільки основний механізм, що обмежує неспотворене відтворення сигналу визначається теплофізичними процесами, які відбуваються у вузлі "звукова котушка + магнітна система". В процесі перетворення сигналу підведена до ГМ електрична енергія частково перетворюється в акустичну (1-5 %), а решта розсіюється у вигляді тепла. Тому при проєктуванні ГМ потрібно забезпечити максимальний тепловідвід від елементів конструкції і забезпечити теплостійкість його елементів.

Значне нагрівання звукової котушки і елементів магнітної системи ГМ під час відтворення акустичних сигналів викликає механічне пошкодження

звукової котушки (ЗК) і зростання її активного опору, а також зміну магнітних властивостей магніту. Для того, щоб скорелювати конструктивні розміри гучномовця, його потужність і якість звучання необхідно провести детальний аналіз теплового поля, яке впливає на звуковий тиск, коефіцієнт корисної дії та діаграму направленості ГМ.

Для проведення експериментальних досліджень з метою встановлення взаємозв'язку теплових та якісних характеристик гучномовців розроблений лабораторний стенд, структурна схема якого зображена на рис. 1.

До складу установки входять: 1 – генератор звукових частот; 2 – частотомір; 3 – підсилювач; 4 – мілівольтметр; 5 – електронний комутатор; 6 – звукова котушка ГМ; 7, 8 – давачі температури; 9 – омметр; 10 – інструментальний підсилювач; 11 – аналого-цифровий перетворювач; 12 – ПЕОМ; 13 – пристрій для друку; 14 – мікрофонний підсилювач; 15 – фільтр заданого діапазону частот; 16 – аналого-цифровий перетворювач; 17 – мілівольтметр універсальний. Клас точності приладів установки є не нижче одиниці.

Як давачі температури для експериментальних досліджень було застосовано напівпровідникові діоди типу КД 522 А, які підбиралися за однаковою зміною опору від температури. Об'єм приміщень для акустичних вимірювань - 96 м<sup>3</sup>.

Об'єктом досліджень вибрано середньочастотний гучномовець типу 20 ГДС-3, на який подавалася робоча потужність 8 Вт. Оскільки ГМ найкраще відтворює великий спектр гармонійних сигналів, то форма сигналу досліджень є синусоїдальною. При всіх вимірюваннях перетворювач встановлювався у вертикальному положенні, охолодження перетворювача здійснювалося за рахунок вільної конвекції, режим роботи ГМ – тривалий.

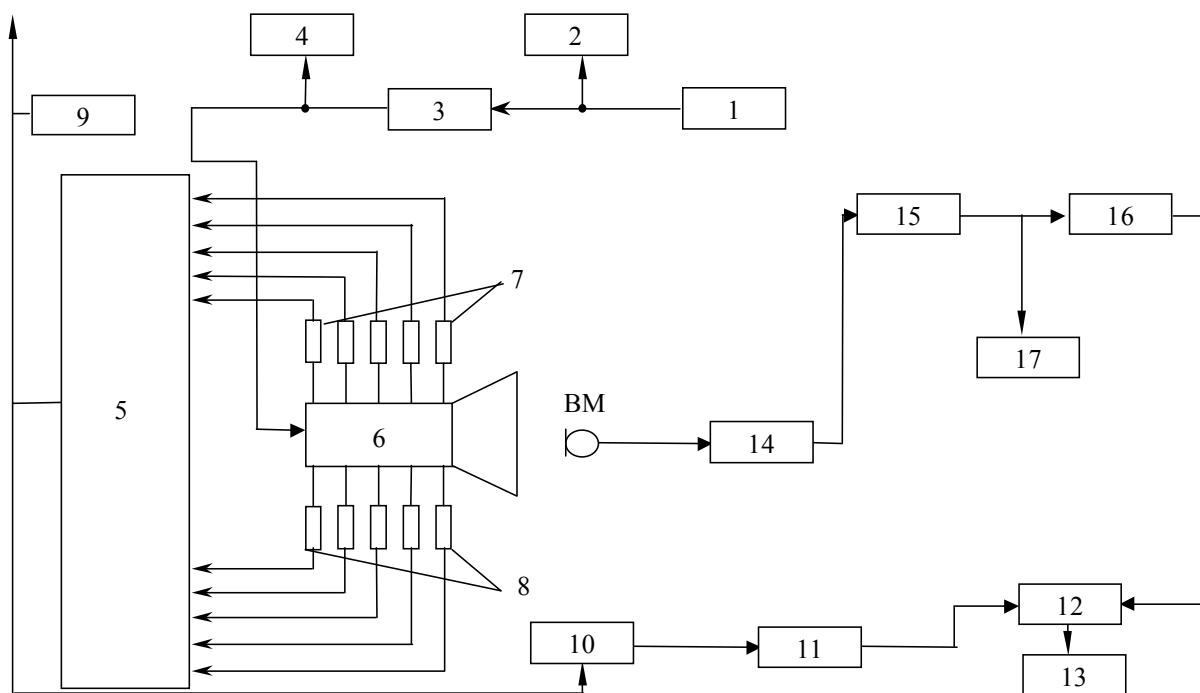


Рис. 1. Установка для проведення теплофізичних досліджень ГМ.

Вимірювання проводились при атмосферному тиску  $750 \pm 30$  мм Нг і температурі оточуючого середовища  $30^\circ\text{C}$ .

Для проведення вимірювань досліджуваний ГМ було доукомплектовано термодавачами наступним чином. На смужку трансформаторного паперу, на якій намотано двохшарову котушку, по гвинтовій лінії було встановлено напівпровідникові діоди. Перший діод на перших витках обмотки, останній діод в повітряному просторі поруч з останнім витком котушки (рис. 2).

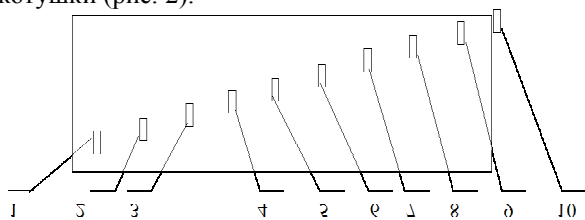


Рис. 2. Розгортка звукової котушки з термодавачами.

Експеримент проводився в наступній послідовності:

1) з генератора через підсилювач потужності на звукову котушку перетворювача подавався синусоїдальний сигнал з частотою 100, 1000, 10000 Гц;

2) електронним комутатором до вимірювача опору по чергово під'єднувались давачі в послідовності від першого по десятий. Отримана за допомогою омметра та інструментального підсилювача зміна опору тестованих давачів прямопропорційна зміні температури котушки в даній точці;

3) за допомогою низки приладів: вимірний мікрофон – мікрофонний підсилювач – фільтр заданого діапазону частот – мілівольтметр отримано АЧХ вихідного сигналу;

4) шляхом суміщення отриманих графічних залежностей на різних частотах для кожного давача отримано реальну картину температурного поля навколо звукової котушки в повітряному зазорі ГМ.

Графічна залежність температури нагрівання котушки від часу роботи ГМ для восьмого давача на частоті 1000 Гц наведена на рис. 3, оскільки в зоні дії восьмого давача температура змінювалося найбільше.

З отриманої графічної залежності видно, що в початковий момент роботи ГМ є чітко виражені три області: I – область інтенсивного розігрівання, II – область помірної розігрівання, III – область температурної стабілізації. Тому аналізуючи отриману графічну залежність можна сказати, що контроль доцільно проводити при роботі гучномовця в зоні низьких частот, тобто в першій та другій областях. Одержані в результаті експериментальних досліджень характеристики дозволяють зробити наступні висновки:

коефіцієнт корисної дії перетворювача звуку залежить від частоти коливань і амплітуди звукової котушки;

на низьких частотах, де амплітуда коливань звукової котушки є найбільшою, відбувається інтенсивне розігрівання останньої, оскільки її характеристики на змінному струмі низької частоти подібні до характеристик на постійному струмі;

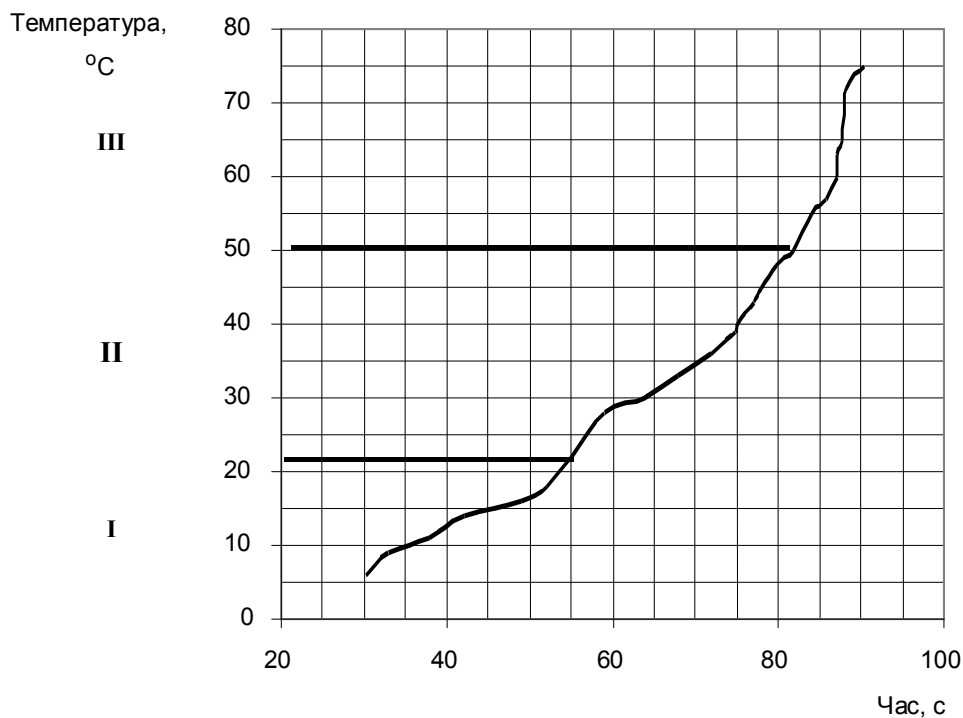


Рис. 3. Залежність зміни температури нагрівання котушки в процесі роботи ГМ 20ГДС – 3 при потужності 8 Вт.

у опорі ЗК переважає активна складова, яка інтенсифікує нагрівання проводу. При цьому відбувається виштовхування котушки з магнітного зазору, амплітуда якого гаситься центруючою шайбою;

розігрівання звукової котушки на низьких частотах настільки інтенсивне, що навіть велика амплітуда коливальних котушки не дає змоги достатньо її охолодити. Якщо гучномовець тривалий час працює на таких частотах, то відбувається теплове руйнування ЗК;

на середніх частотах в опорі ЗК переважає реактивна складова і її розігрівання різко зменшується, зменшуються коливання і зростає звуковий тиск, тобто зростає коефіцієнт корисної дії. На середніх частотах гучномовець працює в номінальному режимі;

на високих частотах ЗК має чисто реактивний опір, але внаслідок своїх великих розмірів, маси і перешкод, що завдає руху центруючої шайби (вона не встигає переміщатися в такт звукового сигналу), різко падає звуковий тиск і коефіцієнт корисної дії.

Підсумовуючи наведені вище результати можна вважати, що найефективніша робота гучномовця відбувається тоді, коли теплове поле і жорсткість підвісів дають можливість працювати котушці з максимальною ефективністю. Однак значним недоліком є вузька зона роботи ГМ, що зумовлено тепловим полем, жорсткістю підвісів і розмірами котушки. Оскільки вплив температурного поля на роботу ГМ є набагато більшим, ніж вплив гнучкості під-

вісів, то його зменшення для електродинамічного перетворювача звуку дасть змогу, не збільшуючи габаритні розміри гучномовця, задавати більші робочі потужності та розширити діапазон робочих частот.

Для зменшення температури ЗК доцільно:

нанести отвори еліпсоподібної форми на поверхню центруючої шайби в шахматному порядку, причому їх площа повинна складати не більше 10% від площі усієї поверхні шайби (рис. 4);

утворити симетричний отвір в керні з розрахунком, що діаметр отвору становитиме не більше 25% діаметру керна;

утворити на дисковій частині керна круглі отвори, які розходяться від його центру по спіралі Архімеда (рис. 5). При цьому сумарна площа отворів повинна становити не більше 20 % площі повітряного зазору ЗК.

Такі жорсткі обмеження на величину площі отворів зумовлені для центруючої шайби – зміною її жорсткості, а для керна – викривленням магнітного поля, для якого він є магнітопроводом. Вказані процентні значення площі отворів зменшують жорсткість центруючої шайби до шести відсотків, а для керна змінюють інтенсивність магнітного поля до дев'яти відсотків, що знаходиться в межах допустимих відхилень для ГМ.

Повторні дослідження реконструйованого гучномовця виявили зміну його температурного поля в кращу сторону. Температура суттєво зменшилася

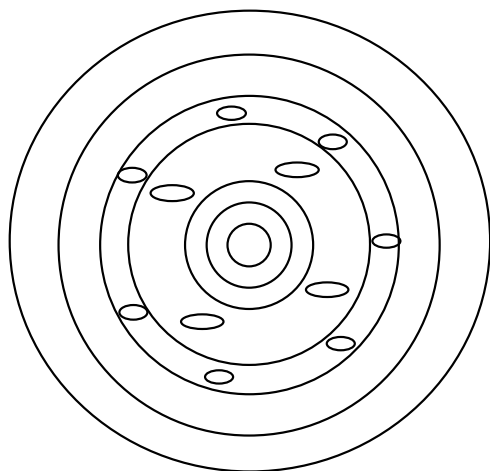


Рис. 4. Розміщення отворів в центруючій шайбі з метою створення додаткового теплообміну в ГМ.

внаслідок теплообміну (інтенсивна конвекція повітря через отвори в керні і обдування ЗК холодними потоками повітря) і внаслідок руху центруючої шайби, завдяки чому в звуковому зазорі ЗК утворюються повітряні потоки, які постійно рухаються. Швидкість руху потоків повітря залежить від частоти переміщення центруючої шайби і ЗК. Це переміщення на низьких частотах є найбільшим і швидкість повітря тому є найвищою. В результаті температура ЗК значно знижується, що автоматично

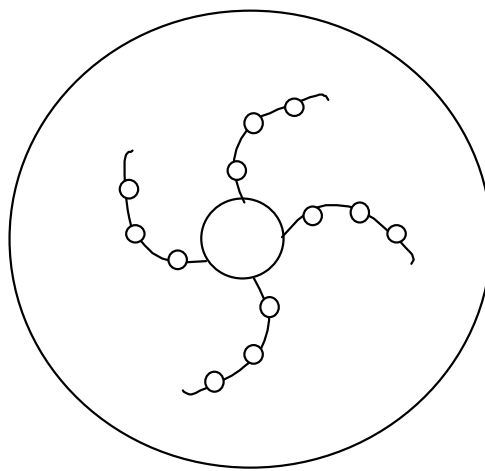


Рис. 5. Схема розміщення отворів у керні з метою створення додаткового теплообміну в ГМ.

підвищує коефіцієнт корисної дії і розширює діапазон робочих частот ГМ.

1. Алдошина И. А. Электродинамические громкоговорители. – М.: Радио и связь, 1989. – 272 с. 2. Дульнев Г. Н. Методы расчета теплового режима приборов. – М.: Радио и связь, 1990. – 315 с. 3. Павловская В. И. Акустика и электроакустическая аппаратура. – М.: Искусство, 1986. – 296 с.